第2講　重力

PART1 重力

目標　地球の緯度と重力との関係について，そのようになる原因とともに説明できる。

Chapter1　地球の重力

地球上の物体には重力がはたらいています。この重力の大きさは，どのようにして決まっているのでしょうか。

地球の重力とは

・**地球の重力**

物体を地球に向けて引き付ける力を**重力**という。地球の重力は，万有引力と遠心力を合わせたもの〔合力〕である。

重力の大きさ W は物体の質量 m に比例し，$W = mg$ と表せる。この比例定数 g を**重力加速度**という。

・**地球と物体の間の万有引力**

すべての物体の間には，互いに引き付け合う力がはたらいている。この力を**万有引力**という。

2つの物体の間にはたらく万有引力の大きさは2つの物体の質量の（和 / 積）に比例し，2つの物体の重心間距離の2乗に反比例する。

地球による万有引力は，地球の重心に向かってはたらく。

覚えておこう
地球の重心は地球の中心とほぼ一致するので，万有引力は地球の中心に向かってはたらくと考えてかまいません。

・**地球の自転による遠心力**

地球上の物体は，自転軸を中心として回転運動している。回転運動している物体には，回転の中心から離れる向きに力がはたらいていると考えることができる。この力を**遠心力**という。

遠心力の大きさは回転半径〔回転軸からの距離〕に比例する。

地球の自転による遠心力は，自転軸と直交して自転軸から離れる向きにはたらく。

地球の重力の緯度分布

・回転楕円体としての地球

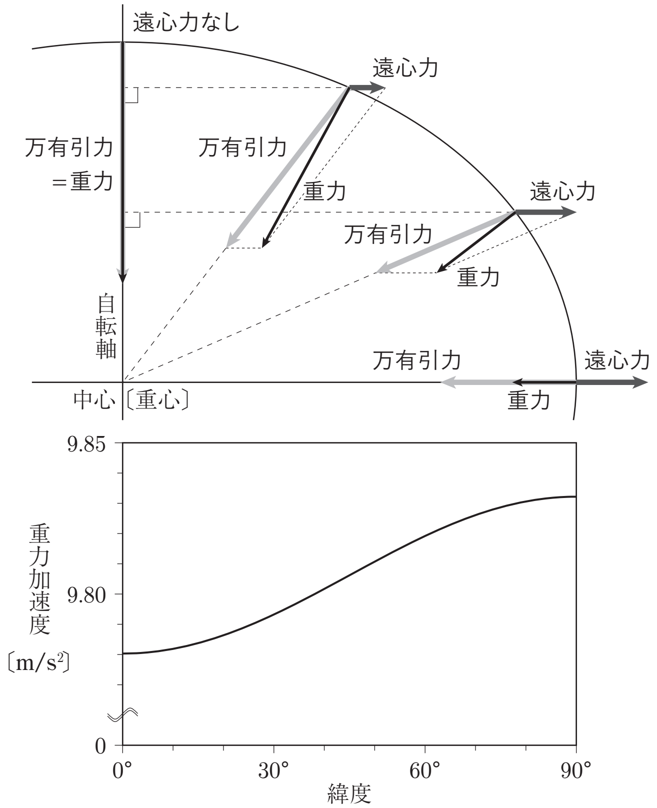
赤道から極に向かうと,

・地球の重心からの距離が減少→万有引力は大きくなる

・自転軸からの距離が減少→遠心力は小さくなる

→重力の大きさは（大きくなる / 小さくなる / 変わらない)。

実際に，重力加速度は赤道で（最大 / 最小），極で（最大 / 最小）となっている。



知っておこう

地球の重力の大きさが緯度によって異なることは，大航海時代にあたる 17 世紀に明らかになりました。そのきっかけは，ヨーロッパと赤道付近とで振り子時計の進み方が異なるとわかったことでした。振り子の周期は重力の大きさによって変化するため，振り子時計の進み方が異なるのは重力の大きさが異なるからだ，と考えられたのです。

覚えておこう

左の図からもわかるように，重力は地球の中心に向かってはたらくとは限らない，ということに注意しましょう。

ただし，図は遠心力の大きさを大きく誇張して描かれています。重力の大きさや向きの変化量は図に描かれているほど大きくない，ということも知っておきましょう。

まとめ

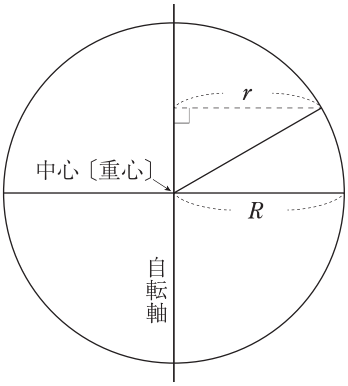
・地球の重力は，地球の重心に向かう＿＿＿＿＿＿と，自転軸から離れる向きの＿＿＿＿＿＿の合力である。

・赤道から極に向かったときの力の大きさを考えると，万有引力は＿＿＿＿＿なり，遠心力は＿＿＿＿＿なる。そのため，それらの合力である重力は＿＿＿＿＿なる。

Chapter2　演習問題

ここでは，簡単のために地球を完全な球だと仮定して，万有引力と遠心力の大きさについて考察してみましょう。

問題(1)　次の図を参考にして，万有引力と遠心力について述べた下の文章中の空欄［　**ア**　］～［　**エ**　］に入る式を答えましょう。ただし，用いる文字は G，M，R，ω のうち必要なもののみとします。



地球の半径を R，質量を M とする。

まず，地表にある質量 m の物体にはたらく万有引力の大きさ F_1 は，

$$F_1 = G\frac{Mm}{R^2}$$

と表せる（ただし，G は万有引力定数とよばれる定数）。

次に，自転軸からの距離が r のとき，質量 m の物体にはたらく遠心力の大きさ F_2 は，

$$F_2 = mr\omega^2$$

と表せる（ただし，ω は地球の自転角速度）。

赤道上の地点では $r = R$ であることから

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{[\quad \text{ア} \quad]}{[\quad \text{イ} \quad]}$$

と表せて，極では $r =$ ［　**ウ**　］であることから

$$\frac{F_2}{F_1} = [\quad \text{エ} \quad]$$

が成り立つ。

知っておこう

角速度とは，回転中心から物体を見た角度の単位時間あたりの変化量です。

たとえば，地球の自転角速度は 360°／日と表すことができますが，角度を弧度法（☞数学Ⅱ），時間の単位を秒として，7.3×10^{-5} rad/s〔7.3×10^{-5} ラジアン毎秒〕と表されるのが普通です。

問題⑵　$GM = 4.0 \times 10^{14} \mathrm{m^3/s^2}$，$R = 6.4 \times 10^6 \mathrm{m}$,

$\omega = 7.3 \times 10^{-5} \mathrm{rad/s}$ とします。このとき，赤道上の地点において遠心力の大きさ F_2 は万有引力の大きさ F_1 の約何倍でしょうか。**問題⑴**の結果を用いて，上から 2 桁の概数で求めましょう。

第 2 講　PART1　確認問題

次の文章を読み，下の問いに答えよ。

問 1　地球上の物体には，物体を地球に向けて引き付ける力である重力がはたらいている。地球の重力は，地球の重心に向かう（　ア　）と，自転軸から離れる向きの（　イ　）の合力である。（　ア　）は，互いに引き付け合う力で，二つの物体の質量の積に（　ウ　）し，二つの物体の重心間の距離の 2 乗に（　エ　）する。（　イ　）は，回転している物体に，回転の中心から離れる向きにはたらく力である。この力の大きさは回転半径に（　オ　）する。地球を回転楕円体として赤道から極に向かったときの力の大きさの変化を考えると，（　ア　）は（　カ　）なり，（　イ　）は（　キ　）なる。そのため，それらの合力である重力は（　ク　）なる。

(1)　空欄アに当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　磁力　　②　遠心力
③　万有引力　　④　摩擦力

(2)　空欄イに当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　磁力　　②　遠心力
③　万有引力　　④　摩擦力

(3)　空欄ウ～オに当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ウ：反比例，エ：反比例，オ：比例
②　ウ：比例，エ：反比例，オ：比例
③　ウ：反比例，エ：比例，オ：反比例
④　ウ：比例　エ：反比例　オ：反比例

(4) 空欄カ～クに当てはまる語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① カ：大きく，キ：小さく，ク：大きく

② カ：大きく，キ：大きく，ク：小さく

③ カ：小さく，キ：小さく，ク：大きく

④ カ：小さく，キ：大きく，ク：小さく

第２講　重力

PART1　重力

問題(1)　ア：$R^3\omega^2$　イ：GM　ウ：0　エ：0

問題(2)　3.5×10^{-3}

PART2　ジオイドと地球楕円体

問題(1)　【※図参照】

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　外側から２番目の円

PART3　重力補正

問題(1)　小さく，大きい，小さく，小さい，大きい，フリーエア補正

問題(2)　下向き，万有引力，小さく，ブーゲー補正

PART4　重力異常と地下構造

問題(1)　ほぼ成り立っている，山脈，小さい，小さい

問題(2)　逆断層，逆断層，背斜，向斜

第 2 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
すべての物体の間には，互いに引き付け合う力がはたらいている。この力を万有引力という。地球による万有引力は，地球の重心に向かってはたらく。

(2)　②

解説：
回転運動している物体には，回転の中心から離れる向きに力がはたらいていると考えることができる。この力を遠心力という。

(3)　②

解説：
2 つの物体の間にはたらく万有引力の大きさは 2 つの物体の質量の積に比例し，2 つの物体の重心間距離の 2 乗に反比例する。遠心力の大きさは回転半径に比例する。

(4)　①

解説：
実際に，重力加速度は赤道で最小，極で最大となっている。